



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-266125

出 願 人

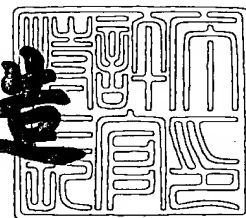
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

2001年 8月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3067834

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH125821

【提出日】 平成12年 9月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/01
G02F 2/00
G05D 25/00

【発明の名称】 多波長光源

【請求項の数】 5

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 可児 淳一

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 藤原 正満

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 手島 光啓

【特許出願人】
【識別番号】 000004226
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】
【識別番号】 100077481
【弁理士】
【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701393

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多波長光源

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 それぞれ異なる中心波長を有する複数の入力光から波長の異なる複数の光キャリアを一括発生する多波長光源において、

前記複数の入力光のうち、その波長が奇数番目の入力光を合波する第 1 合波手段と、

前記複数の入力光のうち、その波長が偶数番目の入力光を合波する第 2 合波手段と、

前記第 1 合波手段の出力光に対して所定のサイドモードを発生するように変調を行なう第 1 変調手段と、

前記第 2 合波手段の出力光に対して所定のサイドモードを発生するように変調を行なう第 2 変調手段と、

前記第 1 および第 2 の変調手段の変調出力を偏波合成する合成手段と、

前記合成手段からの多波長化されて合成された出力から前記波長の異なる複数の光キャリアを分離する分離手段と

を備えたことを特徴とする多波長光源。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の多波長光源において、

前記第 1 変調手段は、その出力において $(2N + m)$ 個の波長 (N は自然数, m は整数) の光パワーが所定範囲にあるようにサイドモードを発生し、

前記第 2 変調手段は、その出力において $(2N - m)$ 個の波長 (N は自然数, m は整数) の光パワーが所定範囲にあるようにサイドモードを発生することを特徴とする多波長光源。

【請求項 3】 それぞれ異なる中心波長を有する複数の入力光から波長の異なる複数の光キャリアを一括発生する多波長光源において、

前記複数の入力光のうち、その波長が奇数番目の入力光を合波する第 1 合波手段と、

前記複数の入力光のうち、その波長が偶数番目の入力光を合波する第 2 合波手段と、

前記第 1 の合波手段の合波出力と第 2 の合波手段の合波出力の偏波が直交するように偏波合成する合成手段と、

前記合成手段の出力光を所定のスペクトル形状で変調出力する変調手段と、

前記変調手段からの多波長化されて変調された出力から前記波長の異なる複数の光キャリアを分離する分離手段と

を備えたことを特徴とする多波長光源。

【請求項 4】 請求項 1 または 3 に記載の多波長光源において、

前記第 1 および第 2 の変調手段／前記変調手段は、前記合成手段／前記変調手段の出力においてそれぞれの出力波長の光パワーがほぼ一定となるように調整してサイドモードを出力するように変調を行なうことを特徴とする多波長光源。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の多波長光源において、

前記変調手段は、隣り合う前記複数の入力光に応じた出力光のサイドモードのうち、当該隣り合う入力光波長のほぼ中間の波長と前記入力光波長の間のサイドモードがほぼ一定の光パワーとなり、互いに同一波長で、前記ほぼ中間の波長のサイドモードが前記一定の光パワーのほぼ半分となるようにサイドモードを出力することを特徴とする多波長光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は多波長光源に関し、特に、波長多重通信システムで用いられ、それぞれ異なる中心波長を有する複数の入力光から波長の異なる複数の光キャリアを一括発生する多波長光源に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、光通信において、波長多重信号 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) に使用する平坦な光スペクトルを有する多波長一括発生法として、非線形光ファイバ透過による Supercontinuum 発生により得られた平坦化連続光スペクトルを光フィルタで切り出す手法や、光短パルス発生により得られた光パルスの繰り返し周波数間隔で周波数

軸上に並んだ光スペクトルを、逆の周波数特性を有する光フィルタに透過させる手法がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、Supercontinuum発生における平坦化多波長発生法においては、非線形光ファイバの製作は容易ではなく、時間とコストがかかるという課題があった。また、光短パルス発生により得られた光スペクトルを逆特性光フィルタに透過させる平坦化多波長発生法においては、平坦な光スペクトルを実現するために、光短パルスのデューティと、それに応じた光フィルタの透過特性の設計が困難であるという課題があった。

【0004】

本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、複雑な光回路の設計を行うことなく、簡易かつ低コストな構成で、光スペクトルの平坦化されたWDM信号を干渉雑音を伴うことなく一括して発生することができる多波長光源を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために請求項1の発明は、それぞれ異なる中心波長を有する複数の入力光から波長の異なる複数の光キャリアを一括発生する多波長光源において、前記複数の入力光のうち、その波長が奇数番目の入力光を合波する第1合波手段と、前記複数の入力光のうち、その波長が偶数番目の入力光を合波する第2合波手段と、前記第1合波手段の出力光に対して所定のサイドモードを発生するように変調を行なう第1変調手段と、前記第2合波手段の出力光に対して所定のサイドモードを発生するように変調を行なう第2変調手段と、前記第1および第2の変調手段の変調出力を偏波合成する合成手段と、前記合成手段からの多波長化されて合成された出力から前記波長の異なる複数の光キャリアを分離する分離手段とを備えた形態の多波長光源を実施した。

【0006】

請求項2の発明は、請求項1に記載の多波長光源において、前記第1変調手段

は、その出力において $(2N + m)$ 個の波長 (N は自然数, m は整数) の光パワーが所定範囲にあるようにサイドモードを発生し、前記第 2 変調手段は、その出力において $(2N - m)$ 個の波長 (N は自然数, m は整数) の光パワーが所定範囲にあるようにサイドモードを発生する形態の多波長光源を実施した。

【0007】

請求項 3 の発明は、それぞれ異なる中心波長を有する複数の入力光から波長の異なる複数の光キャリアを一括発生する多波長光源において、前記複数の入力光のうち、その波長が奇数番目の入力光を合波する第 1 合波手段と、前記複数の入力光のうち、その波長が偶数番目の入力光を合波する第 2 合波手段と、前記第 1 の合波手段の合波出力と第 2 の合波手段の合波出力の偏波が直交するように偏波合成する合成手段と、前記合成手段の出力光を所定のスペクトル形状で変調出力する変調手段と、前記変調手段からの多波長化されて変調された出力から前記波長の異なる複数の光キャリアを分離する分離手段とを備えた形態の多波長光源を実施した。

【0008】

請求項 4 の発明は、請求項 1 または 3 に記載の多波長光源において、前記第 1 および第 2 の変調手段／前記変調手段は、前記合成手段／前記変調手段の出力においてそれぞれの出力波長の光パワーがほぼ一定となるように調整してサイドモードを出力するように変調を行なう形態の多波長光源を実施した。

【0009】

請求項 5 の発明は、請求項 4 に記載の多波長光源において、前記変調手段は、隣り合う前記複数の入力光に応じた出力光のサイドモードのうち、当該隣り合う入力光波長のほぼ中間の波長と前記入力光波長の間のサイドモードがほぼ一定の光パワーとなり、互いに同一波長で、前記ほぼ中間の波長のサイドモードが前記一定の光パワーのほぼ半分となるようにサイドモードを出力する形態の多波長光源を実施した。

【0010】

【作用】

上記のように構成された本発明に係る多波長光源においては、波長が隣り合う

光から発生した同一波長の2つのサイドモード光は、その偏波が互いに直交するために干渉雑音を引き起こすことがない。このため、すべての波長で劣化がなく、等間隔の波長グリッドに隙間が生じない。

【0 0 1 1】

【発明の実施の形態】

〔第1実施形態〕

図1は本発明に係る多波長光源の第1実施形態を示す構成図である。

本実施形態に係る多波長光源では、それぞれ異なる単一の中心波長の光を発生する $2n$ (n は1以上の自然数)個の光源 $10_1 \sim 10_{2n}$ からの入力光を2分割して2系統の合波、変調処理を行ない、各変調結果を偏波合成し、これを波長の異なる複数のキャリアに分離して最終的な出力を得る構成とされている。以下、この構成および動作について詳細に説明する。

【0 0 1 2】

図1において、光源 $10_1, 10_2, 10_3, 10_4, \dots, 10_{2n-1}, 10_{2n}$ には例えば、分布帰還型 (DFB) 半導体レーザや、外部共振器型半導体レーザを使用する。各光源はそれぞれ単一の中心波長で発光し、それぞれの中心波長は異なっており、周波数軸上で添え字の番号順に等間隔で並んでいる。

【0 0 1 3】

21および22は、例えばアレー型導波路回折格子や光カプラを使用した光合波器であり、光合波器21は奇数番目の各光源による光を合波する。光合波器22は、光合波器21とは独立に偶数番目の各光源による光を合波する。光合波器21による合波出力は変調器27により変調され、光合波器22による合波出力は変調器28により変調され、変調器27と28は例えば、入力された合波光に強度変調および位相変調を施すものであり、具体的には、リチウムナイオベートを媒質とした1つのマッハツェンダ型強度変調器と、リチウムナイオベートを媒質とした1つの位相変調器を直列に接続したものをを用いることができる。

【0 0 1 4】

両変調器27と28の出力光は偏波合成器30によって合成された後、分離フィルタで構成した分波器40において波長毎に分波され、波長の異なる複数の光

キャリアが一括的に発生される。

【0015】

ここで図2(a)は、変調器27により生成された、偏波合成前のA点における、奇数番目の多波長化された光スペクトルの一部を拡大して示し、図2(b)は、偏波合成前のB点における、偶数番目の多波長化された光スペクトルの一部を拡大して示している。

【0016】

両図に示したように、変調器27によるサイドモード光のスペクトル形状(図2(a))と変調器28によるサイドモード光のスペクトル形状(図2(b))は必ずしも同一でなくともよい。偏波合成器30によって偏波合成した後に、図3に示すようにすべての波長の光パワーがほぼ均一になるように適宜調整されていけばよい。なお、図3は、 $2n=32$ 個の、波長間隔100GHzの光源を用いた上記構成により実現した多波長化光源の、最後の偏波合成器30を通過する前のC点における光スペクトルである。

【0017】

ところで、本発明原理による多波長化後の波長数は一般的に奇数となるのに対して、システム要求としては光源数を偶数倍化することが多い(例えば100GHz波長間隔の複数光源から10GHz, 12.5GHzまたは25GHz間隔のスペクトルを発生など)。このため、例えば奇数番目の光源の波長は $(2N+m)$ 倍化(N は自然数, m は整数)し、偶数番目の光源の波長は $(2N-m)$ 倍化するように変調器27と28の動作を調整してサイドモード光を発生させるのがよい。

【0018】

ここで、図2(a)は、奇数番目の光源の波長を9倍化した例を示している。「9倍化」とは、矢印23で示した光源波長の他に8つのサイドモード光、すなわち、併せて9波長の光パワーが所定の範囲内にあることを意味する。一方、図2(b)の例は、偶数番目の光源について、矢印24で示した光源波長の他に6つのサイドモード光(併せて7波長)の光パワーが所定の範囲内にある「7倍化」を示している。このように異なるスペクトル形状の多波長化された多重光を変

調器 2 1, 2 2 により生成し、偏波合成器 3 0 により偏波合成することで、すべての波長の光パワーを偏差 3. 5 d B 以下 (図 3 参照) とし、ほぼ均一とすることができる。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、本実施形態の多波長光源において、多波長化された光源波長の一つ一つを分波器 4 0 の波長分離フィルタで分離し、テスト信号で変調を施した上でその信号の Q 値を測定した結果を示している。

【 0 0 2 0 】

Q 値とは、受信波形の識別点を変化させて符号誤り率を測定し、この結果から一種の信号対雑音比を推定した値であり、Q 値が大きいほど信号対雑音比が大きく、したがって特性が良いことになる。図 4 において、光源波長 4 3 と光源波長 4 4 は (参照符号の添え字が) 隣り合う光源のものであり、光源波長 4 3 と光源波長 4 4 のサイドモード光が合成されている波長においても Q 値はそれぞれ良好な値を示しており、本実施形態によって干渉雑音等による劣化の無い信号変調が可能なことがわかる。

【 0 0 2 1 】

[第 2 実施形態]

図 5 は本発明に係る多波長光源の第 2 実施形態を示す構成図である。

本実施形態に係る多波長光源は、光源 $10_1 \sim 10_{2n}$ 、光合波器 2 1、光合波器 2 2、偏波合成器 5 0、変調器 5 5、および分波器 4 0 から構成されている。図 1 中の構成要素と同一参照符号を付したものは同一構成であり、その説明を省略する。

【 0 0 2 2 】

本実施形態の多波長光源は、第 1 実施形態と比較して説明すると、変調器 5 5 による多波長化の前に偏波合成器 5 0 を用いて偏波合成する構成となっている。

【 0 0 2 3 】

これによると、変調器の個数を減らすことができ、第 1 実施形態よりもさらに簡単な構成とすることができる。しかし、変調器 5 5 には、偏波無依存強度変調および位相変調器が要求される。

【0024】

ところで、本実施形態の構成では、変調器55においてそれぞれの光源 $10_1 \sim 10_{2n}$ が発生するサイドモード光のスペクトル形状は、最後の偏波合成器30を通過する前のC点における多波長化されたそれぞれの波長の光パワーがほぼ一定となるように調整されているとよい。

【0025】

例えば、100GHz波長間隔の複数光源から、多波長化後のスペクトル間隔が12.5GHzとなるように本構成によりサイドモード光を発生させる場合の調整例について、図6を参照して説明する。図6(a)～(c)はC点におけるスペクトルをそれぞれ示し、(a)は奇数番目光源によるもの、(b)は偶数番目光源によるもの、(c)は両者を併せて示している。

【0026】

奇数番目光源によるものは、奇数番目光源の波長 λ_1 と6本のほぼ一定パワーのサイドモード光とこれらのほぼ半分のパワーのサイドモード光 $\lambda_{1a}, \lambda_{1b}$ 、および、別の奇数番目光源の波長 λ_3 と6本のほぼ一定パワーのサイドモード光とこれらのほぼ半分のパワーのサイドモード光 $\lambda_{3a}, \lambda_{3b}, \dots$ を含む。一方、偶数番目光源によるものは、偶数番目光源の波長 λ_2 と6本のほぼ一定パワーのサイドモード光とこれらのほぼ半分のパワーのサイドモード光 $\lambda_{2a}, \lambda_{2b}, \dots$ を含む。

【0027】

このようなスペクトルが得られるように変調器55の強度変調および位相変調動作を調整することで、最後の偏波合成器30を通過する前のC点における分離前の光スペクトルを図6(c)のようにほぼ一定とすることができる。

【0028】

【発明の効果】

以上に述べたとおり、本発明に係る多波長光源によれば、強度変調および位相変調によるサイドモード光発生によって異なる波長の光を発生する複数の光源からの入力光を多波長化して複数の光キャリアを一括発生する際において、波長が隣り合う別の光源から発生した同一波長の2つのサイドモード光が互いに干渉し

て雑音を引き起こすことがなく、また、等間隔の波長グリッドに隙間のない多波長光源を、複雑な光回路の設計を行うことなく、簡易かつ低コストな構成で提供することができ、これにより、光スペクトルの平坦化されたWDM信号を発生することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る多波長光源の第 1 実施形態を示す構成図である。

【図 2】

第 1 実施形態の多波長光源における偏波合成前の光スペクトルを奇数番目光源 (a) と偶数番目光源 (b) について示す特性図である。

【図 3】

第 1 実施形態の多波長光源における偏波合成後の光スペクトルを示す特性図である。

【図 4】

第 1 実施形態の多波長光源による Q 値を示す特性図である。

【図 5】

本発明に係る多波長光源の第 2 実施形態を示す構成図である。

【図 6】

第 2 実施形態の多波長光源における変調サイドモード光形状の例を説明する説明図である。

【符号の説明】

1 0₁ ~ 1 0_{2n} 光源

2 1, 2 2 光合波器

2 3, 2 4, 4 3, 4 4, 6 1 ~ 6 3 光源波長

2 7, 2 8, 5 5 変調器

3 0, 5 0 偏波合成器

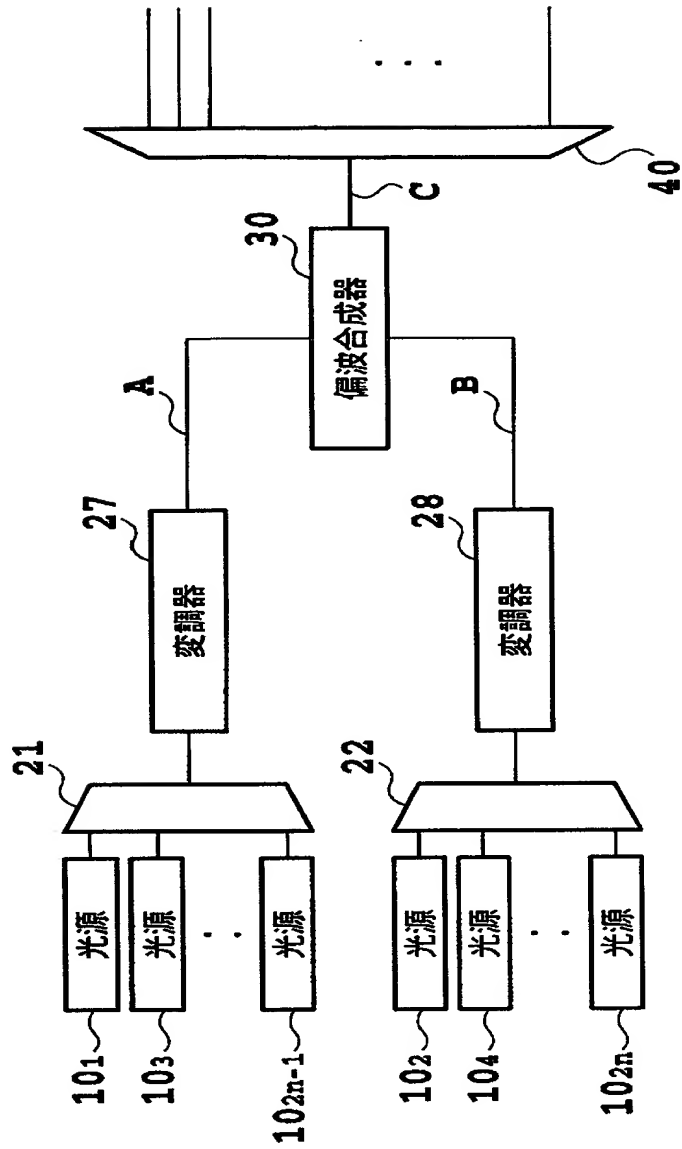
4 0 分波器 (分離フィルタ)

6 1 a, 6 1 b, 6 2 a, 6 2 b, 6 3 a, 6 3 b 低 (半分の) レベルのサイドモード光

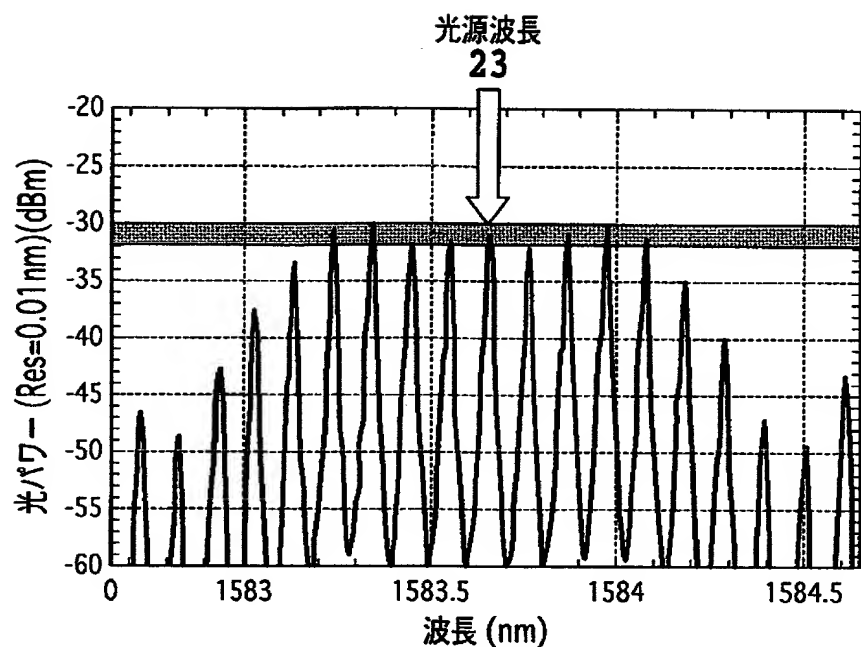
【書類名】

図面

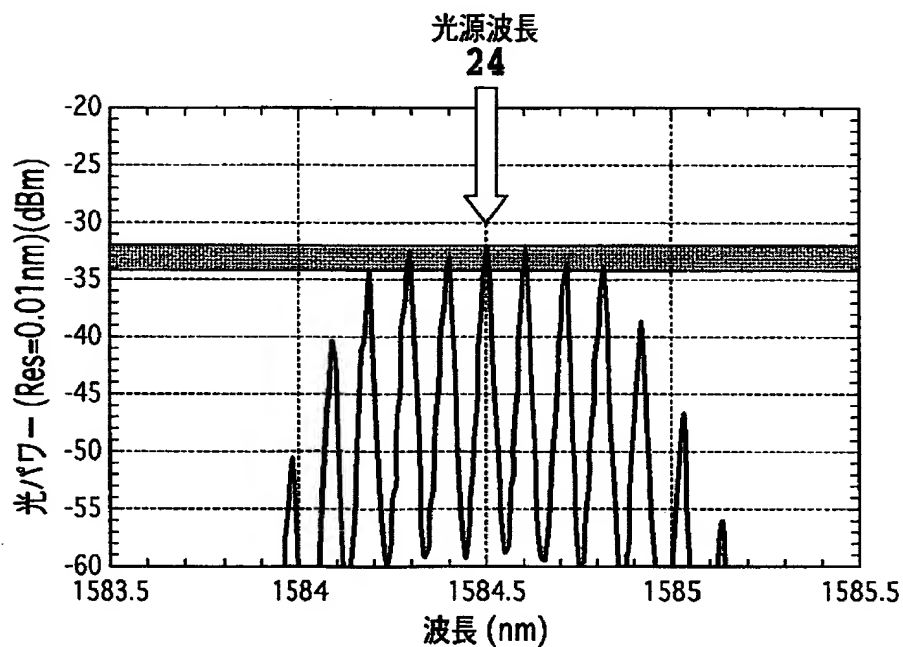
【図 1】



【図 2】

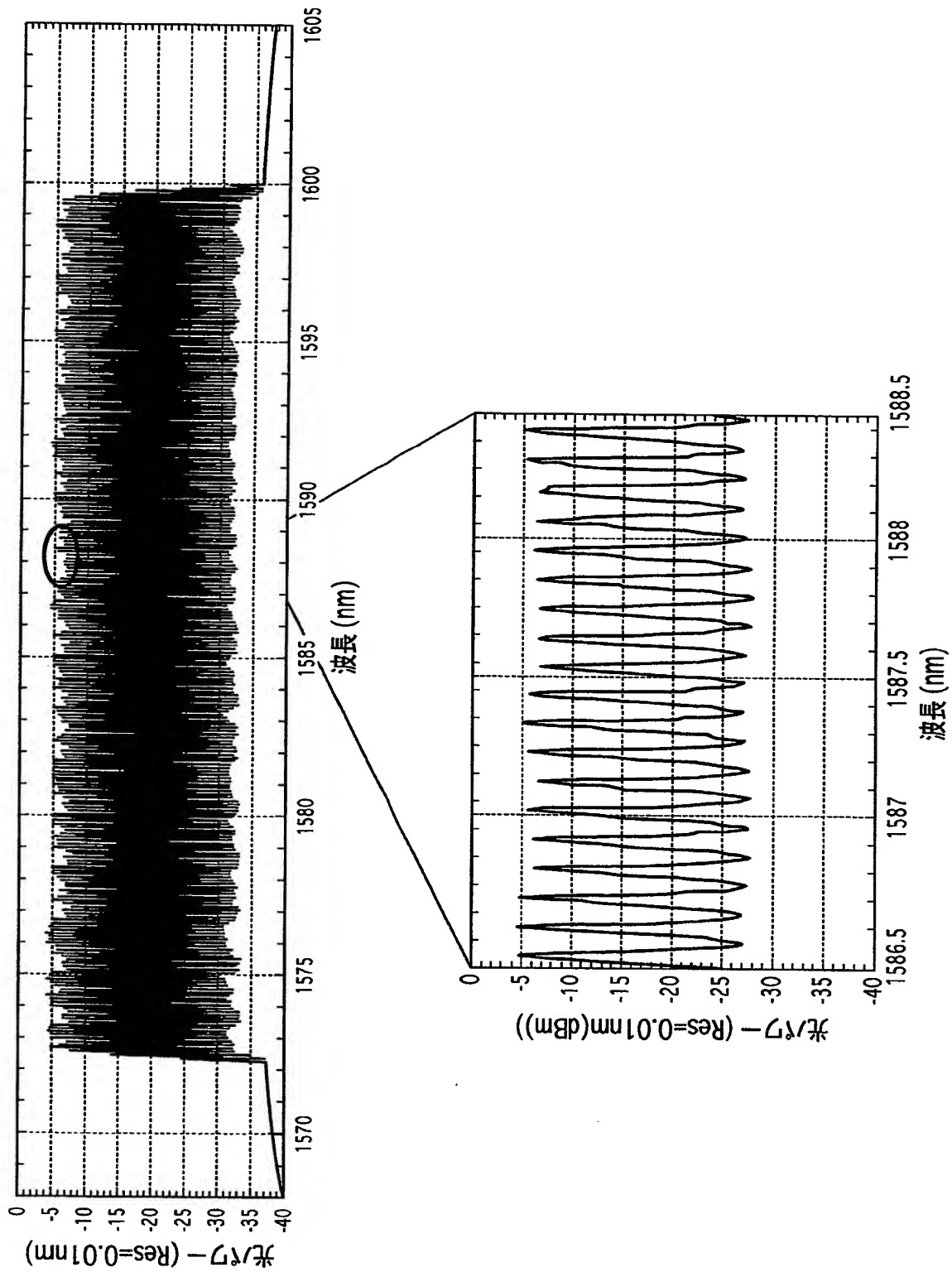


(a) 奇数番目の光源波長とサイドモード

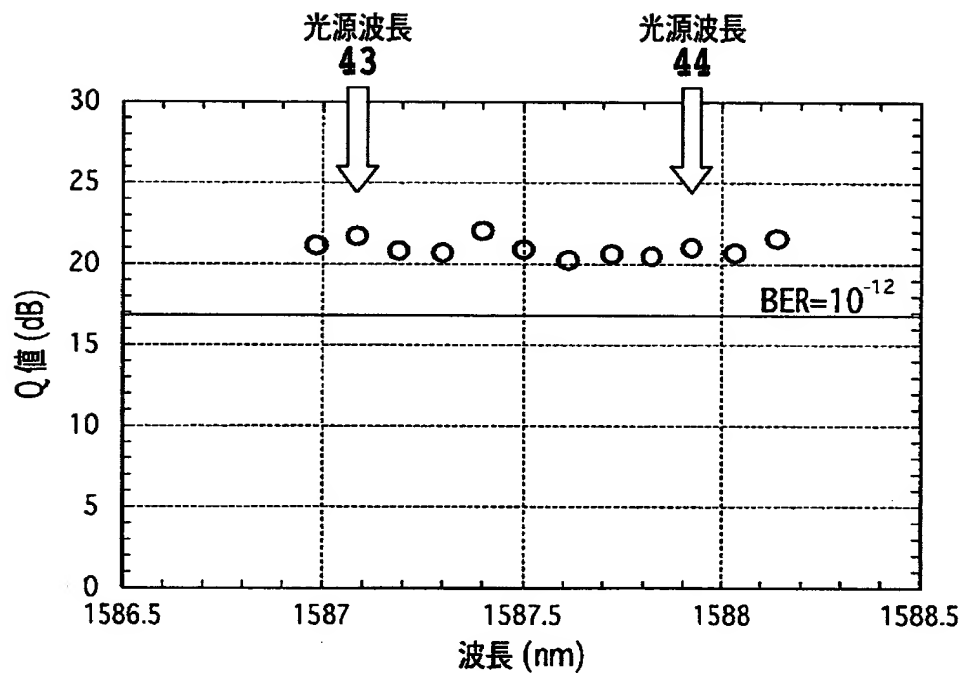


(b) 偶数番目の光源波長とサイドモード

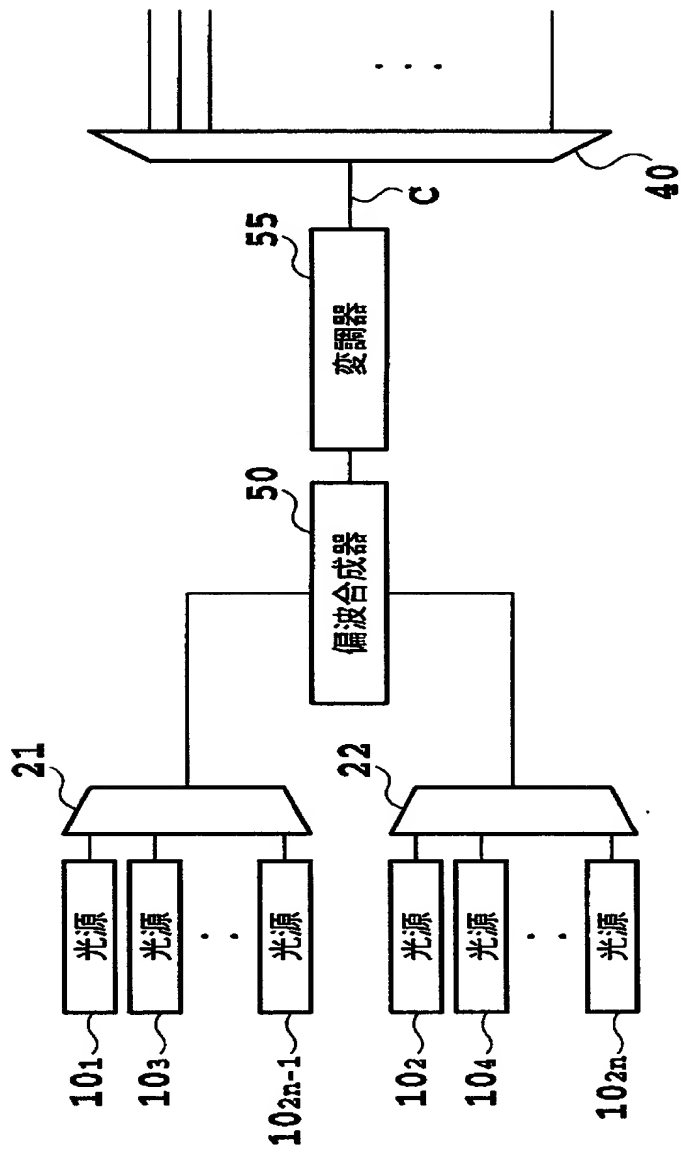
【図 3】



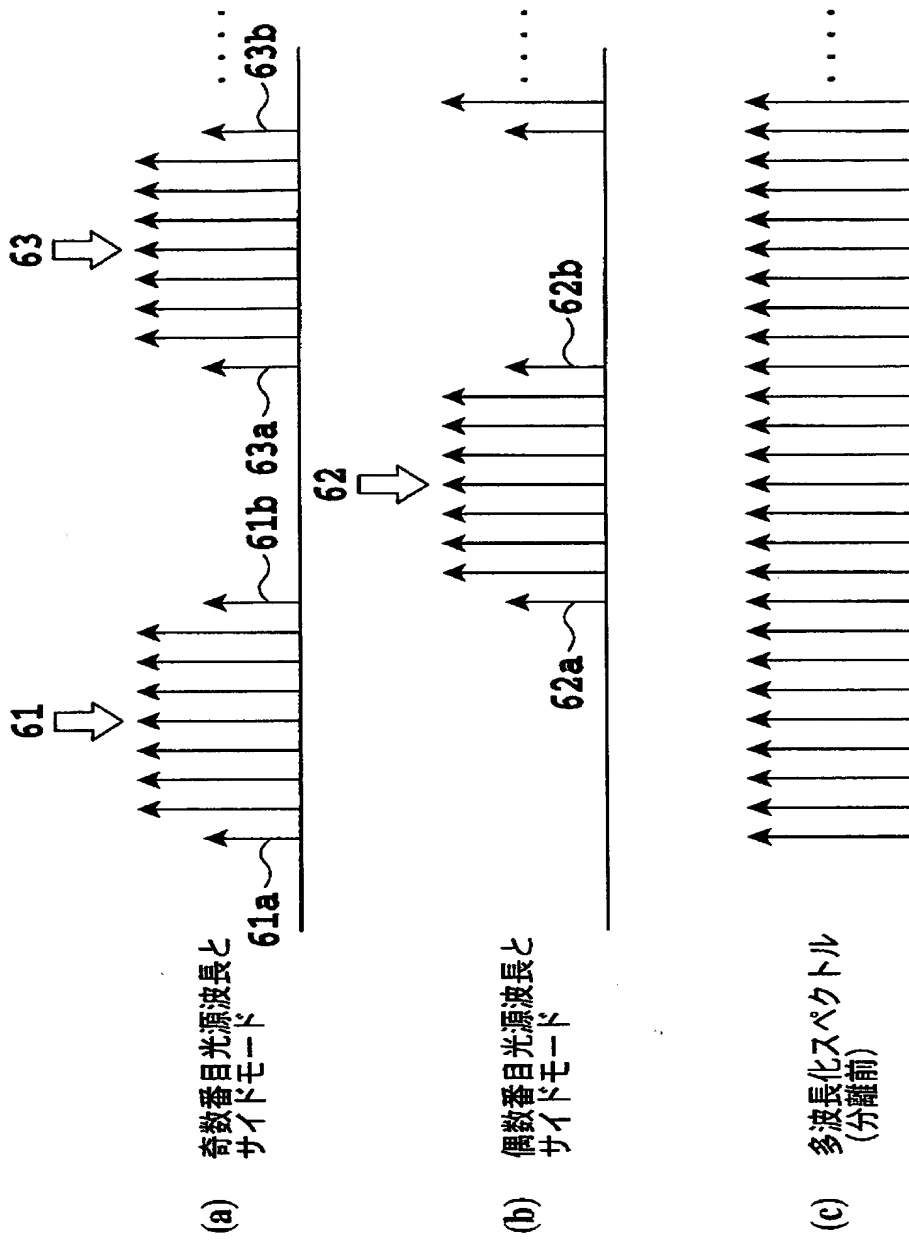
【図 4】



【図 5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の入力光から波長の異なる複数の光キャリアを一括発生する多波長光源に関し、簡易かつ低コストな構成の実現と、干渉雑音をなくすこと。

【解決手段】 光合波器 2 1 は、光源 $10_1 \sim 10_{2n}$ からの入力光のうち波長が奇数番目の入力光を合波し、光合波器 2 2 は、偶数番目の入力光を合波する。変調器 2 7 は、光合波器 2 1 の出力光に対して所定のサイドモードを発生するように変調を行ない、変調器 2 8 は、光合波器 2 2 の出力光に対して所定のサイドモードを発生するように変調を行なう。偏波合成器 3 0 は両変調出力を偏波合成する。分波器（分離フィルタ）4 0 は、偏波合成器 3 0 からの、多波長化されて合成された出力から波長の異なる複数の光キャリアを分離出力する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004226]

1. 変更年月日	1999年 7月15日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
氏 名	日本電信電話株式会社